

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-094886

(43)Date of publication of application : 12.04.1996

(51)Int.Cl. G02B 6/42
G01J 1/02
G01J 1/42
H01S 3/18

(21)Application number : 06-226415

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 21.09.1994

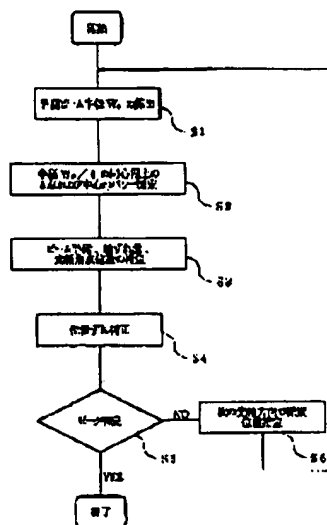
(72)Inventor : YOSHIMA MASAYUKI

(54) METHOD FOR ADJUSTING OPTICAL AXIS OF OPTICAL MODULE

(57)Abstract:

PURPOSE: To efficiently search peaks with high reliability without being affected by local peaks in a method for adjusting the optical axes of a semiconductor laser and an optical fiber.

CONSTITUTION: A predicted beam radius w_e in a present optical axis position is calculated by using the distance (z) from the present optical axis position to the optical axis focus position of a standard sample and the beam waist radius of the standard sample by assuming that the space power characteristic of optical coupling can be approximated to a gaussian beam in a stage S1. The light outputs at the four points on the circumference of the radius $w_e/4$ and the center thereof are measured in a stage S2. The beam radius, axis misalignment quantity and optical axis focus position are determined by using the light outputs measured in the stage S2 in a stage S3. The position is corrected from the axis misalignment quantity determined in the stage S3 in a stage S4. The peaks are decided from the beam radius and the distance to the optical axis focus position determined in the stage S3 and the subsequent searching is stopped for the peaks satisfying the peak conditions in a stage S5. The optical axis position to be searched next is assigned if the peak conditions are not satisfied in the stage S5 and the stage is returned to the stage S1 in the subsequent stage S6.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.09.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2760290

[Date of registration] 20.03.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19)日本国特許庁(J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-94886

(43)公開日 平成8年(1996)4月12日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/42				
G 0 1 J 1/02		L 9309-2G		
1/42		E 9309-2G		
H 0 1 S 3/18				

審査請求 有 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平6-226415

(22)出願日 平成6年(1994)9月21日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 奥島 政幸

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

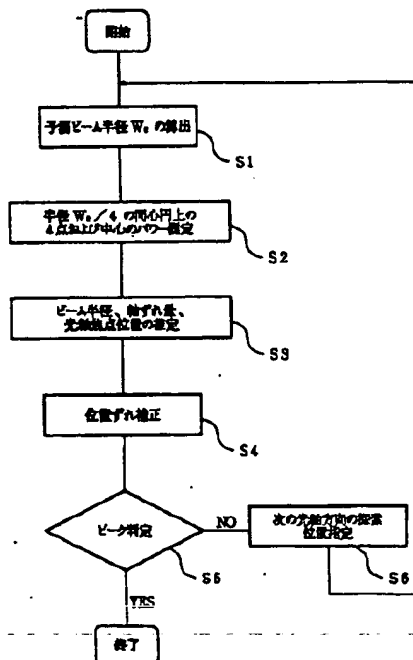
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 光モジュール光軸調整方法

(57)【要約】

【目的】半導体レーザと光ファイバの光軸調整方法において、局所的ピークに影響されずに効率よく高い信頼性でピークを探索する。

【構成】光結合の空間パワー特性がガウシアンビームに近似できるとし、工程S1で現在の光軸位置から標準サンプルの光軸焦点位置までの距離 z と標準サンプルのビームウェスト半径を用いて現在の光軸位置における予測ビーム半径 w を算出し、工程S2で半径 w 、 $/4$ の円周上の4点と中心の光出力を測定する。工程S3で工程S2で測定した光出力を用いてビーム半径、軸ずれ量および光軸焦点位置を求め、工程S4で工程S3で求めた軸ずれ量から位置補正し、工程S5で工程S3で求めたビーム半径、光軸焦点位置までの距離からピーク判定しピーク条件を満足したものは以後の探索を中止する。その後工程S6で工程S5でピーク条件を満足しなかった場合に次の探索光軸位置を指定し工程S1に戻る。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザと前記半導体レーザからの出射光を集光するレンズとを有する半導体レーザユニットと光ファイバとの光軸を光結合効率が最大となるように、両者の相対位置を光軸に垂直な方向のX、Y方向と光軸方向のZ方向とにX、Y、Zの三軸の調整ステージを用いて三次元空間上で位置合わせを行う光モジュールの光軸調整方法において、前記光軸に垂直な面内における光結合の空間パワー特性がガウシアンレーザパワー分布に近似できることを前提にし、同一垂直面内の4点の光出力から光軸位置におけるレーザの集光ビーム径および光軸中心からの位置ズレ量を算出し位置合わせすることを特徴とする光モジュール光軸調整方法。

【請求項2】 前記光軸方向における光結合の空間パワー特性がTEM₀₀モードのガウシアンビームの波面広がり近似できることを前提にし、標準サンプルの光軸焦点位置におけるビーム径をビームウエスト径として前記光軸位置で求めたビーム径から光軸焦点位置までの距離を算出し前記光軸方向に焦点位置を探索することを特徴とする請求項1記載の光モジュール光軸調整方法。

【請求項3】 前記光軸に垂直な断面の円周上の4点および中心の計5点の光出力 (I_{x1} , I_{x2} , I_{y1} , I_{y2} , I_0) ならびに測定円の半径 (R) を用いて、 $w_x = 2R / \{ - \{ \ln(I_{x1}/I_0) + \ln(I_{x2}/I_0) \} \}^{1/2}$ と、 $w_y = 2R / \{ - \{ \ln(I_{y1}/I_0) + \ln(I_{y2}/I_0) \} \}^{1/2}$ とにより、 $w = (w_x + w_y) / 2$

に示す前記光軸位置におけるレーザの集光ビーム半径 w を求め、求めたビーム半径 w を用いて、 $\Delta X = w \times \ln(I_{x1}/I_{x2}) / (8R)$ と、 $\Delta Y = w \times \ln(I_{y1}/I_{y2}) / (8R)$ とから直交する2方向の光軸中心からの位置ズレ量 ΔX , ΔY を求め位置ズレ量を補正することを特徴とする請求項1記載の光モジュール光軸調整方法。

【請求項4】 前記光軸に垂直な断面における直交する2方向が前記三軸の調整ステージのX、Y方向の送り方向と一致していることを特徴とする請求項3記載の光モジュール光軸調整方法。

【請求項5】 前記ガウシアンビームの波面広がりを前提に光軸方向に焦点位置を探索する工程において、次の探索位置を前記測定位置と前記求めた光軸焦点位置との間に設定し、逐次推定光軸焦点位置を修正しながら最大光出力の得られる位置を探索することを特徴とする請求項2記載の光モジュール光軸調整方法。

【請求項6】 前記探索位置における測定円の半径を、前記探索位置における予測ビーム半径の1/4倍から2倍*

$$(\partial f / \partial x)_1 = (f_{x1} - f_0) / \Delta X_1$$

2

*程度に設定することを特徴とする請求項3または請求項5記載の光モジュール光軸調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光軸調整方法に関し、特に、半導体レーザの出射光を光ファイバに結合する光モジュールの光軸調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の光モジュール光軸調整方法として、例えば山登り法がある。

【0003】 この山登り法による従来の光モジュール光軸調整方法について図面を参照して説明する。

【0004】 図8は、従来例の山登り法を示した説明図である。

【0005】 一軸方向に所定の送りピッチ21で光ファイバ、半導体レーザユニットに対して相対移動し、移動したそれぞれの位置で光ファイバの透過光出力を比較しピーク22の得られる位置を探索する。これをX、Y、Zの三軸についてそれぞれ独立に同様の手順を光出力が増加する限り繰り返す。通常、探索時間を短縮するために送りピッチを数段階に設定し、粗調、微調の順で行う。

【0006】 図9は、従来例の光出力が単調増加または単調減少の分布ではなく、局所ピーク23を持つ場合を表した説明図である。

【0007】 このような局所ピーク23が存在すると局所ピーク23で探索が終了するため従来の山登り法では真のピーク24に到達できない。

【0008】 山登り法以外にベクトル探索を用いたものとして、例えば、特開昭62-75508号公報に示すものがある。

【0009】 次に、この特開昭62-75508号公報のものについて図面を参照して説明する。

【0010】 図10および図11は、従来例の光軸調整原理を説明するためのレーザダイオードの構造を示した断面図および斜視図である。

【0011】 レーザダイオードチップ51はサブマウント52に固定され、そのサブマウント52が枠部53に固定されている。一方光ファイバ54は、一方を枠部53に固定された支柱55の中央部に開けられた穴を貫通するように固定されている。チップ51と光ファイバ54との光軸位置合わせは、支柱55をX、Y、θ方向に塑性変形させて光ファイバからの出力が最大となるように行う。

【0012】 次に、この光軸位置合わせ方法について詳しく説明する。

【0013】 初期位置X₀、Y₀、θ₀における光出力をf₀とし、まずΔX、移動し前後の光出力差より光出力面のX軸方向の勾配を式(51)から求める。

【0014】

$$(51)$$

【0015】ここで、 f_{x1} は ΔX_1 移動後の光出力である。*らY軸方向の勾配を求める。
【0017】

【0016】次に、 ΔY_1 移動し、同様にして式(52)か*

$$(\partial f / \partial y)_1 = (f_{y1} - f_{x1}) / \Delta Y_1 \quad (52)$$

【0018】さらに、 $\Delta \theta_1$ 移動し、式(53)から θ 方向の勾配を求める。* 【0019】

$$(\partial f / \partial \theta)_1 = (f_{\theta 1} - f_{y1}) / \Delta \theta_1 \quad (53)$$

【0020】一通りX、Y、 θ 方向に移動したので、光出力面の勾配s及び高さhは次のように定まる。★ 【0021】

$$s = [\{ (\partial f / \partial x)_1^2 + (\partial f / \partial y)_1^2 + (\partial f / \partial \theta)_1^2 \}]^{1/2} \quad (54)$$

【0022】

$$h_1 = f \theta_1 \quad (55)$$

(51)~(55)を用いて次回(2回目)のX、Y、 θ 方向の移動量 ΔX_1 、 ΔY_1 、 $\Delta \theta_1$ は、☆ 【0023】

$$\Delta X_2 = G(\partial f / \partial x)_1 \quad (56)$$

$$\Delta Y_2 = G(\partial f / \partial y)_1 \quad (57)$$

$$\Delta \theta_2 = G(\partial f / \partial \theta)_1 \quad (58)$$

【0024】と定まる。ここで、

$$G = A s_1^n / h_1^n \quad (59)$$

A、m及びnは定数であり、実験により最適値を求める。以下同様にN回目のX、Y、 θ 方向の移動量 ΔX_n 、 ΔY_n 、 $\Delta \theta_n$ は、◆ 【0025】

$$\Delta X_n = G(\partial f / \partial x)_{n-1} \quad (60)$$

$$\Delta Y_n = G(\partial f / \partial y)_{n-1} \quad (61)$$

$$\Delta \theta_n = G(\partial f / \partial \theta)_{n-1} \quad (62)$$

【0026】と定まる。ここで、

$$G = A s_{n-1}^n / h_{n-1}^n \quad (63)$$

ただし、

* * 【0027】

$$s_{n-1} = [\{ (\partial f / \partial x)_{n-1}^2 + (\partial f / \partial y)_{n-1}^2 + (\partial f / \partial \theta)_{n-1}^2 \}]^{1/2} \quad (64)$$

【0028】

$$h_{n-1} = f \theta_{n-1} \quad (65)$$

以下、この方式で移動を続け、Nがある回数を越えるか、sがある値を下回るか、またはhがある値を越える場合に移動を終了させる。

【0029】この従来例は、探索に勾配測定を応用し、ベクトル的な探索を試みたものである。従来の山登り法に比べ移動回数を少なくできる。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の光モジュール光軸調整方法の中で、一般的な山登り法は各軸独立にある定まったピッチで順次ピークを探索するため探

索に時間がかかる上、局所的ピークが存在すると真のピークに到達できないという問題がある。

【0031】また、従来の勾配測定を応用した方法は、ベクトル的に効率的にピーク近傍に到達できるが、ピークを確認する手段がなく、山登り法同様局所的ピークに留まる可能性があるという問題点がある。

【0032】

【課題を解決するための手段】本発明の光モジュール光軸調整方法は、半導体レーザと半導体レーザからの出射光を集光するレンズとで構成された半導体レーザユニッ

トと、光ファイバとの光軸を光結合効率が最大となるように三次元空間上で位置合わせする光モジュールの光軸位置合わせにおいて、光軸垂直面内における光結合の空間パワー特性がガウシアンレーザパワー分布に近似できることを前提にし、同一垂直面内の少なくとも4点の光出力から光軸位置におけるレーザの集光ビーム径と光軸中心からの位置ズレ量を算出し位置合わせすることを第一の特徴とする。

【0033】本発明の光モジュール光軸調整方法は、光軸方向における光結合の空間パワー特性がTEM₀₀モードのガウシアンビームの波面広がり近似できることを*

$$I(r) = (2P/\pi w^2) \exp(-2r^2/w^2) \quad (10)$$

ここで、 $I(r)$ ：中心からの距離 r における光強度

P ：ビームのトータルパワー

w ：出力強度が $1/e^2$ (13.5%)となるビーム半径

e ：指数関数

r ：中心からの距離

尚、ガウシアンビームの光学系については、1993年7月、山田英明著、キ、ノ・メレスグリオ株式会社出版の「レーザー&オプティクスガイドNo3(2)、レーザー用アクセサリ及びディテクター」の頁3などで述べられている。

【0037】図3は、図1に示す光モジュールのサンプルで光軸調整後に光軸に垂直な断面上で光ファイバの位置を光軸中心からずらして測定した光ファイバの透過光出力を示すグラフである。

【0038】+印はX方向、◇印はY方向の測定結果であり、光軸中心の最大パワーで正規化表示してある。

実線は測定結果からピーク出力の13.5%におけるビーム※30

$$I_0 = K \cdot \exp[-2(\Delta X_0^2 + \Delta Y_0^2)/w^2] \quad (11)$$

$$I_{x+} = K \cdot \exp[-2\{(\Delta X + R)^2 + \Delta Y^2\}/w^2] \quad (12)$$

$$I_{x-} = K \cdot \exp[-2\{(\Delta X - R)^2 + \Delta Y^2\}/w^2] \quad (13)$$

$$I_{y+} = K \cdot \exp[-2\{\Delta X^2 + (\Delta Y + R)^2\}/w^2] \quad (14)$$

$$I_{y-} = K \cdot \exp[-2\{\Delta X^2 + (\Delta Y - R)^2\}/w^2] \quad (15)$$

ここで、 w ：ビーム半径

K ： $2P/\pi w^2$

R ：円の半径

★ $\Delta X, \Delta Y$ ：光軸からの位置ズレ量

式(11)～式(13)より

$$\ln(I_{x+}/I_0) = -2(R^2 + 2RX)/w^2 \quad (16)$$

$$\ln(I_{x-}/I_0) = -2(R^2 - 2RX)/w^2 \quad (17)$$

式(16)、式(17)を w について解くと、

$$w = 2R / \{-\ln(I_{x+}/I_0) + \ln(I_{x-}/I_0)\}^{1/2} \quad (18)$$

同様にして、

$$w = 2R / \{-\ln(I_{y+}/I_0) + \ln(I_{y-}/I_0)\}^{1/2} \quad (19)$$

となる。

☆向のビーム径が異なるため、X軸方向のビーム半径 w_x

【0044】実際の測定においては、X軸方向とY軸方向を式(18)より、

$$w_x = 2R / \{-\ln(I_{x+}/I_0) + \ln(I_{x-}/I_0)\}^{1/2} \quad (20)$$

また、Y軸方向のビーム半径 w_y を式(19)より、

$$w_y = 2R / \{-\ln(I_{y+}/I_0) + \ln(I_{y-}/I_0)\}^{1/2} \quad (21)$$

とし、ビーム半径 w を、

*前提にし、標準サンプルの光軸焦点位置におけるビーム径をビームウエスト径として該光軸位置で求めたビーム径から光軸焦点位置までの距離を算出し光軸方向に焦点位置を探索することを第二の特徴とする。

【0034】

【作用】次に、本発明の実施例について述べるに先立ち、本発明の原理について、

【0035】LDから出射されレンズで集光されるレーザ光は式(10)に示すガウシアンビームの放射分布を有する。

【0036】

※半径 w を求め、式(10)に代入したガウシアンビームの強度分布である。同様に中心の最大パワーで正規化表示してある。両者は良く一致しており、光モジュールの光結合の空間パワー特性がガウシアンレーザパワー分布に近似できることがわかる。

【0039】次に、ガウシアンビームの光軸に垂直な断面における5点の光出力からその光軸方向での各点におけるビーム半径と光軸中心からの位置ズレ量を求める方法について説明する。

【0040】図4は、光軸垂直断面における測定点の定義を示した平面図である。

【0041】測定中心 P 、と円周上の90度等配置された4点 P_{x+} 、 P_{x-} 、 P_{y+} 、 P_{y-} が示されてある。

【0042】尚、この図4のX、Y軸は図2に示すXYステージ7のX、Y軸方向の送り軸方向と一致している。これら5点における光出力(I_0 、 I_{x+} 、 I_{x-} 、 I_{y+} 、 I_{y-})は、式(11)～式(15)で与えられる。

【0043】

$$w = (w_x + w_y) / 2$$

で与える。

【0045】ここで求めたwを用いて軸ずれ量 ΔX 、 ΔY

$$\ln(I_x/I_{x0}) = 8R\Delta X/w^2 \quad (22)$$

これを ΔX について解くと、

$$\Delta X = w^2 \times \ln(I_x/I_{x0}) / (8R) \quad (23)$$

となる。同様にして、 ΔY も

$$\Delta Y = w^2 \times \ln(I_y/I_{y0}) / (8R) \quad (24)$$

として与えられる。

※【0047】TEM00モードのガウシアンビームの波

【0046】次に、光軸方向のレーザビームの広がり w は、式(26)で与えられる。

について説明する。

※【0048】

$$w(z) = w_0 \{1 + (\lambda z / \pi w_0^2)^2\}^{1/2} \quad (25)$$

$w(z)$: ビームウエストからの伝播距離 z におけるビーム半径

w_0 : ビームウエスト半径

λ : レーザビームの波長

z : ビームウエストからの伝播距離

尚、TEMとは、transverse electromagnetic の略

で、つねに電界ベクトルと磁界ベクトルの両方が伝播方向に垂直である電磁波TEM波の特定のTEM波が導波管や空洞中を伝播するモードのことをいう。

【0049】図5は、図1に示した光モジュールのサンプルで、最大光結合の得られる位置から光軸方向に光ファイバを移動させ光出力を測定した結果である。

【0050】理論値は、最大光結合の得られる位置にお

$$z = (\pi w_0^2 / \lambda) \cdot \{(w/w_0)^2 - 1\}^{1/2} \quad (26)$$

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0053】図1は、本発明の対象とする光モジュールの一例を示す断面図であり、図2は、図1の光モジュールの光軸を光軸調整ステージ上で調整するところを説明するための図である。

【0054】図1において、この光モジュールは、LD素子パッケージ1と、LD素子パッケージ1に固定されたレンズホルダ3と、このレンズホルダ3に組み込まれた集光レンズ2と、フランジ付パイプ5と、このフランジ付パイプ5を介してレンズホルダ3に固定された光ファイバ4aを有する光ファイバ端末4とから構成されている。

【0055】次に、この光モジュールの光軸の光軸調整ステージ上で調整方法について図2を参照して説明する。

【0056】図1に示すLD素子パッケージ1と集光レンズ2とレンズホルダ3とから成るLDユニット6は、Xステージ7aとYステージ7bから成るXYステージ7上のLDチャック9aに、また、光ファイバ端末4の光ファイバ4aはZステージ8上のファイバチャック9bにそれぞれセットされる。LDユニット6をXYステージ7により光軸に垂直な断面上で移動させ、また、光

光軸焦点位置までの距離 $z \leq 20\mu\text{m}$

★けるビームウエスト半径及びレーザビームの波長(1.3 μm)を式(26)に代入し各光軸位置 z におけるビーム半径 w を求め、求めたビーム半径 w を式(10)に代入しそれぞれの光軸位置における最大光出力(光軸ずれゼロ)を求めたものである。ビームウエスト近傍で理論値からのずれが大きい傾向を示しているものの理論値とはほぼ一致していることがわかる。

【0051】従って、ほぼ一定な既知のビームウエスト半径及び各光軸位置におけるビーム径を用いて式(26)を z について解いた式(27)からビームウエストからの伝播距離、すなわち光軸焦点位置までの距離 z を求めることができる。

【0052】

☆ファイバ4aをZステージ8により光軸方向に移動させることにより三次元空間上で、光ファイバ4aからの透過光出力が最大となるように両者の位置合わせを行う。

【0057】次に、本発明の実施例の光軸調整方法について図6を参照して説明する。

【0058】図6は、光結合の空間パワー特性がガウシアンビームに近似できることを前提にした光軸調整方法を示したフローチャートである。

【0059】まず、工程S1で、現在の光軸位置から標準サンプルの光軸焦点位置までの距離 z と標準サンプルのビームウエスト半径を用いて現在の光軸位置における予測ビーム半径 w を算出し、工程S2で、半径 w 、 $\pi/4$ の円周上の4点および中心の光出力を測定する。工程S3で、工程S2で測定した光出力を用いてビーム半径、軸ずれ量および光軸焦点位置を求め、工程S4で、工程S3で求めた軸ずれ量から位置補正し、工程S5で、工程S3で求めたビーム半径、光軸焦点位置までの距離からピーク判定しピーク条件を満足したものは以後の探索を中止する。工程S6で、工程S5でピーク条件を満足しなかった場合に次の探索光軸位置 z を指定し工程S1に戻る。

【0060】工程S5におけるピーク判定では、例えば、

(a)

$$0.95 \leq (\text{測定ビーム半径} / \text{実験的に求めたビームウエスト半径}) \leq 1.05 \dots$$

(b)

とし、いずれか一方を満足した場合にピークだと判定できる。

【0061】また、次の光軸方向の探索位置を指定する工程S8では、例えば現在の位置と光軸焦点位置との中心、またはビーム径が半分になる位置に次の探索位置を設定することにより指数関数的に光軸焦点位置に収束できる上、逐次算出結果に基づき予測光軸焦点位置を補正

することにより確実にピーク位置を探索できる。

【0062】図7は、図6の光軸調整フローに基づき実際のサンプルで探索を行った結果の一例を示す。

【0063】山登り法で光軸調整し、光軸焦点位置と最大光パワーの既知のサンプルに対して、光軸焦点位置から光軸方向に1000μm離し、図6のフローに基づき探索を行った。図7には、パワーを既知の最大光パワーで正規化し探索回数と正規化パワーの変化を示してある。各位置における測定円の半径は、予測ビーム半径の1/4とし、また、光軸方向における次の探索位置は、ビーム半径が半分となる位置を算出して設定した。また、探索位置が光軸焦点位置に近づきビーム径が、ビームウエスト径の2倍未満に達した場合は、次の探索位置を予測光軸焦点位置と現在の位置との中央に設定した。

【0064】以上のルールで探索を繰り返し、ビーム径とビームウエスト径との誤差が5%以内もしくは光軸焦点位置までの距離が30μm以下になったらピークと判定した。

【0065】上記の結果、図7より6回の探索で、ほぼピークに達していることがわかる。

【0066】尚、図6の工程S5でのピーク判定後に光軸方向に例えば10μmステップで探索位置を変え工程S2～工程S4を行い、光出力を順次比較することにより光出力が最大となる位置を正確に探索することができる。

【0067】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光モジュール光軸調整方法は、光結合の空間パワー特性がガウシアンビームに近似できることを用いて、任意の光軸、垂直断面における5点の光出力からビーム半径と軸ずれ量を算出し位置ずれ量の補正ができる上、測定ビーム半径と実験的に求めた標準サンプルの光軸焦点位置におけるビームウエスト半径から光軸焦点位置までの距離を推定でき、次の探索位置を確かな予測のもと光軸焦点位置

に漸近するように逐次設定・補正しながら局所的なピークや近似からのずれに影響されずに効率的で信頼性のある光軸位置合わせを行うことができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光軸調整方法の一実施例を説明するための光モジュールの断面図である。

【図2】図1の光モジュールの光軸を光軸調整ステージ上で調整するところを説明するための図である。

【図3】本実施例の光軸調整方法の光結合の光軸垂直断面における強度分布を説明するグラフである。

【図4】本実施例の光軸調整方法の原理を説明する測定点の定義を示した平面図である。

【図5】本実施例の光軸調整方法の光結合の光軸方向の強度分布を説明するグラフである。

【図6】本実施例の光軸調整方法のフローチャートである。

【図7】本実施例の光軸調整方法の探索例を示すグラフである。

【図8】従来例の山登り法を説明するための説明図である。

【図9】従来例の山登り法の問題点を説明するための説明図である。

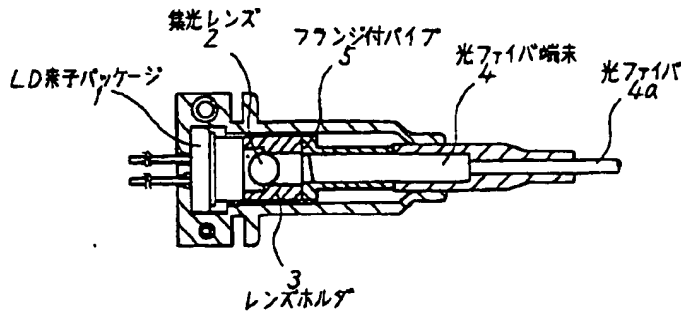
【図10】従来例の別の光軸調整方法を説明するための光モジュールの構成を示した断面図である。

【図11】図10に示した光モジュールの斜視図である。

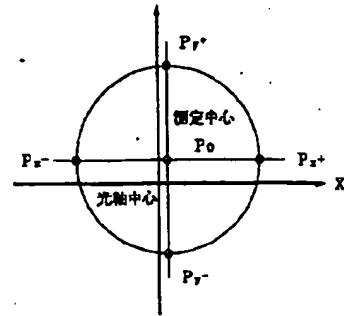
【符号の説明】

- 1 LD素子パッケージ
- 2 集光レンズ
- 3 レンズホルダ
- 4 光ファイバ端末
- 4a 光ファイバ
- 5 フランジ付パイプ
- 6 LDユニット
- 7 XYステージ
- 7a Xステージ
- 7b Yステージ
- 8 Zステージ
- 9a LDチャック
- 9b ファイバチャック

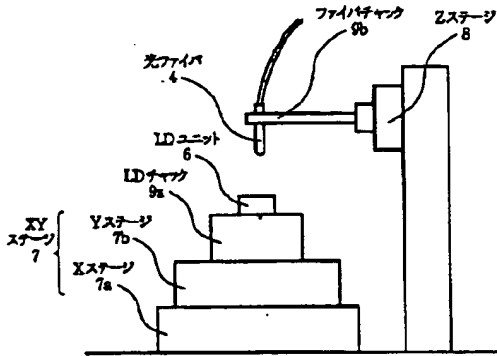
【図1】



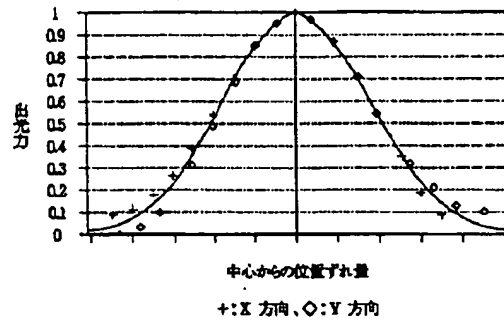
【図4】



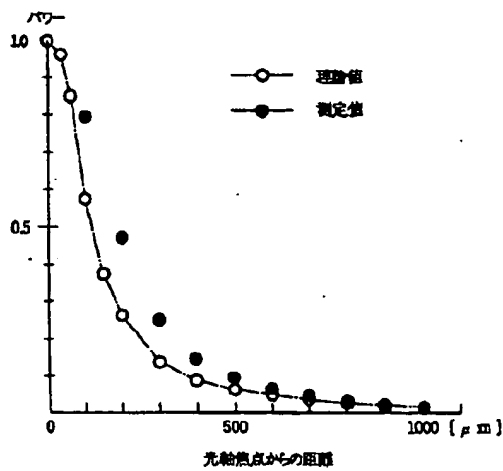
【図2】



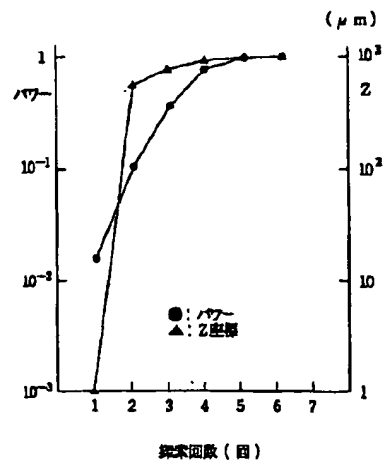
【図3】



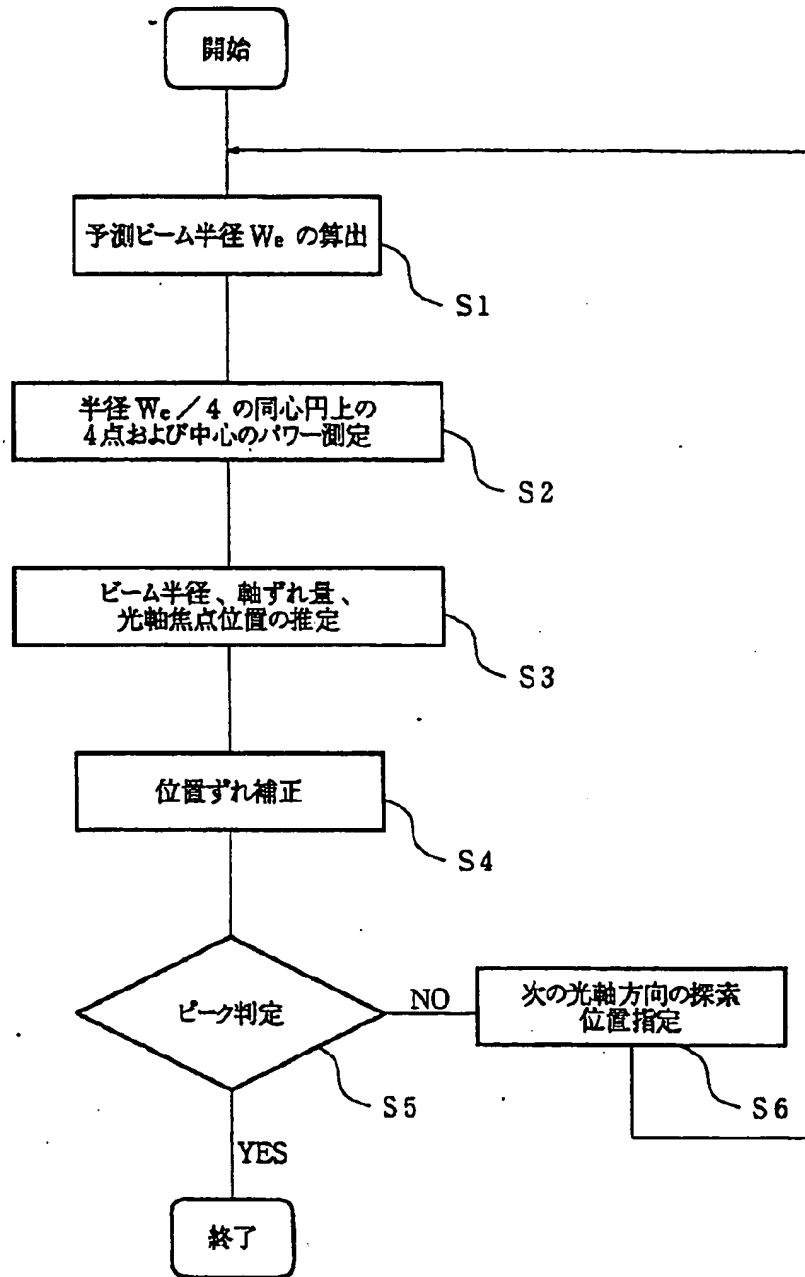
【図5】



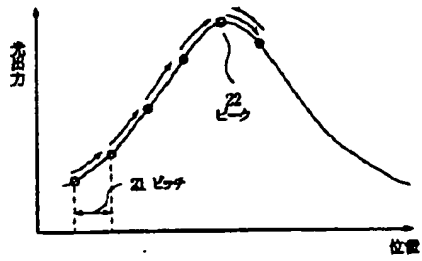
【図7】



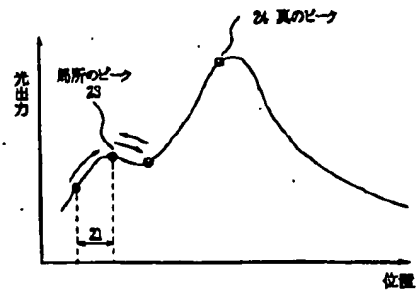
【図6】



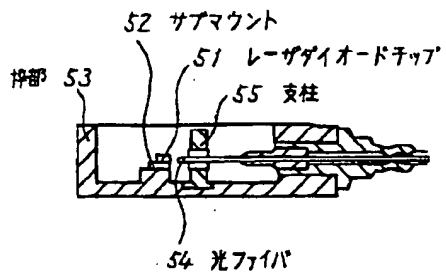
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

